

## A nedvesség hatása a cellulóz elbontására egyes hazai talajainkban

SZEGI JÓZSEF

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A szén nagyszámú szerves vegyületei közül a cellulóz van leginkább elterjedve a természetben, mivel a magasabbrendű növények évről évre óriási tömegben szintetizálják. FJODOROV [4] adatai szerint a talajba kerülő növényi maradványok 45–80%-át cellulóz alkotja. Ha ezt a hatalmas mennyiségű szerves anyagot a mikroorganizmusok nem bontanák el, néhány év alatt olyan tömegben halmozódna fel, hogy a földön lehetetlenné válna az élet. Ezt még inkább alátámasztják azok az adatok, melyek a légkör széndioxidtartalmával kapcsolatosak. IMSENYECKIJ [8] becslése alapján a föld légkörében 110 billió kg  $\text{CO}_2$  található. Timirjazev szerint a légkör széndioxid tartalma csupán négy évre elegendő a növények szénszükségletének fedezésére. Imsenyeckij olyan adatokat közöl, melyek szerint a légkör széndioxidtartalmának 90%-a a talajból választódik ki. Szerinte a talajból kiválasztódó széndioxid egynegyede a növényi gyökerek légzése folyamán képződik, háromnegyed része pedig a mikroorganizmusok életműködésének a terméke.

A szervesanyagok elbontásának gyorsaságát aerob viszonyok között leginkább a képződő  $\text{CO}_2$  mennyiségéből lehet megállapítani. A talaj  $\text{CO}_2$  termelésének tanulmányozásával LUNDEGARDH [13], KUPREVICS [12], STATNOV [19], KOEPF [10, 11], FEHÉR [3], MASTAKOV [17], VLASZJUK és MANORIK [22], KACNELSZON és JERSOV [9], ELKAN [2], SZMIRNOV [21], MAKAROV és munkatársai [14, 15, 16], SZKRIPKIN [20] és sokan mások foglalkoztak. Egyesek a  $\text{CO}_2$  termelést a talajok biológiai aktivitásának fokmérőjeként értékelik.

A talajok cellulóz tartalma igen erősen változik. IMSENYECKIJ [8] szerint a különböző talajok 0,5–5% cellulózt tartalmaznak. A talajba kerülő cellulóz lebontása különböző tényezőktől függ. Ezek közül nagy jelentősége van a talajok nedvességtartalmának. A fenti szerző szerint a cellulózbontó baktériumok akkor fejlődnek legintenzívebben, ha a talajnedvesség a maximális vízkapacitás 60–70%-át teszi ki. Alacsony nedvességtartalom mellett a cellulózbontó sugárgombák aktivitása kerül előtérbe, míg a nedvességtartalom emelkedésével a cellulózbontó baktériumok száma emelkedik, a sugárgombák száma pedig csökken. 95%-os nedvességtartalom mellett a baktériumok száma rohamos csökkenést mutat, ami minden valószínűség szerint a rossz aerációval van kapcsolatban. A talaj kémhatása ugyancsak nagy befolyást gyakorol a cellulóz elbontásának folyamatára, valamint az elbontást végző mikroorganizmusok összetételére. WAKSMAN és HEUKELEKIAN [23], WAKSMAN és SKINNER [24], WAKSMAN és DUBOS [25], valamint HARMSSEN [7] adatai alapján a savanyú kémhatású talajokban a gombák, a semleges, illetve a gyengén lúgos talajokban pedig a sugárgombák, illetve baktériumok vesznek részt a cellulóz elbontásában, a talaj nedvességtartalmától függően. POCHON és de BARJAC [18]

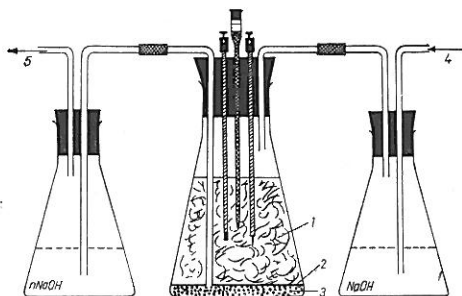
nagy jelentőséget tulajdonítanak a talaj redox viszonyainak a cellulóz elbontásánál. Adataik szerint az aerob mikroorganizmusok rH 19 felett, az anaerob szervezetek pedig rH 9,3 alatt dominálnak. Közismert, hogy a cellulóz biológiai elbontását döntően befolyásolja a talaj felvehető nitrogéntartalma. WAKSMAN és SKINNER [24] szerint a talaj nitrát tartalmának növekedésével egyenes arányban növekszik az elbontott cellulóz mennyisége. POCHON és de BARJAC adatai [18] arra mutatnak rá, hogy 30 g cellulóz biológiai elbontásához 1 g nitrogénre van szükség.

### Kísérleti rész

Munkánk során annak tanulmányozását tűztük magunk elé, hogy a kísérletbe vont csernozjom és barna erdőtalajokon a nedvességtartalom miként befolyásolja a cellulóz elbontásának gyorsaságát. A kísérlet folyamán felhasznált csernozjom talaja Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének a fejérmegyei Nagyhörsögi Állami Gazdaság területén levő kísérleti telepéről származik s a genetikai talajosztályozás alapján mészelepedékes csernozjom. A barna erdőtalaj a Somogy megyei Karád község területéről való, s az agyagbemosódásos barna erdőtalajokhoz tartozik.

A kísérlet folyamán a talajba kevert cellulóz elbontásának gyorsaságát a kiválasztott széndioxid mennyiségéből állapítottuk meg. A  $\text{CO}_2$  termelés tanulmányozása céljából egy készüléket állítottunk össze, melynek működése azon alapszik, hogy a széndioxidtól megtisztított levegőt zárt lombikba helyeztük talajon, onnan pedig nátronlúgon szívtuk keresztül. A nátronlúg elnyelte a talajból kiválasztott  $\text{CO}_2$ -t, amelyet azután sósavval megtitráltunk, s a fogyott sósavból kiszámítottuk a kiválasztott  $\text{CO}_2$ -t. 500 ml-es Erlenmeyer lombikokba 150 g 5–7 mm átmérőjű kavicsot helyeztünk el, melyet előzőleg 10%-os sósavban főztünk mindaddig, míg a pezsgés megfigyelhető volt. Erre azért volt szükség, mivel a kavicsal együtt bekerülő  $\text{CaCO}_3$  megzavarhatja a  $\text{CO}_2$  termelés s ezen keresztül a kísérlet megbízhatóságát. A lombikok fenekére elhelyezett kavicsréteg drén szerepét töltötte be és a talaj aerációjának elősegítésére szolgált. Felszínére üvegszövetből kivágott korongot helyeztünk, annak megakadályozása céljából, hogy a kavicsréteg közé behulljon a talaj és eltömje annak hézagait. A cellulóz lebomlásának tanulmányozása céljából lombikokként 250–250 g előzőleg porrá tört légszáraz talajt használtunk fel. A kontrollként szolgáló talajmintákba nem kevertünk cellulózt, míg a talajok másik részébe 2%-nak megfelelő 5–5 g őrölt szűrőpapírt adtunk, amely gyakorlatilag cellulóznak mondható. Miután a szűrőpapírt egyenletesen elkevertük a talajban, ezután következett a talaj megnedvesítése. Már korábban megállapítottuk mindkét talaj maximális vízkapacitását, és az egyes kísérleti szériákhoz tartozó talajokba a maximális vízkapacitás 20, 40, 60, 80%-ának megfelelő mennyiségű desztillált vizet adtunk, majd a megnedvesített talajt villával egyenletesen összekevertük. Ezután a talajokat beleöntöttük a lombikokba, a kavicsréteget befedő üvegszövet tetejére, majd a lombikokat gumidugóval lezártuk. Minden gumidugóba 5–5 lyukat fúrtunk, melyek közül kettő az aerációhoz szükséges 5 mm-es átmérőjű üvegsövek befogadására szolgált, háromba pedig a pH és rH meghatározására szolgáló elektródákat helyeztünk el. Az elektródák 3–4 cm-re nyúltak bele a lombikban levő talajba. Az egyik üvegső, amely a nátronlúgot tartalmazó elnyelő lombikkal volt kapcsolatban, leért egészen a lombik fenekén levő kavicsréteget. Erre azért volt szükség, hogy a lombik alján fel-

halmozódó széndioxid elszívása zavartalan legyen. Annak megakadályozására, hogy az üvegső lombikba helyezésétől a talaj azt eltömje, végét üvegszövettel kötöttük be. A másik üvegső, amely a széndioxidmentes levegő beszívására szolgált, igen rövid volt, s a dugó aljától csupán néhány mm-re lógott bele a lombikba. Ilyenformán a beszívott levegő csak úgy tudott az elszívócsövön át az elnyelő lombikba tovább haladni, ha előzőleg keresztülment a lombikban elhelyezett talajrétegen, s ezáltal aerob körülményeket biztosított a talajban élő mikroorganizmusok számára. A talajból felszabaduló  $\text{CO}_2$  elnyelésére szolgáló 250 ml-es Erlenmeyer lombikok 100 ml 0,5 n nátronlúgot tartalmaztak. A lombikokat légmentesen lezáró gumidugókba 2–2 üvegső volt elhelyezve. Az egyik, mint korábban említettük, a talajt tartalmazó lombik hosszabb üvegsőjével volt kapcsolatban és kb. 1 cm mélyen beleért a lúgba, a rövidebb üvegső pedig egy kondenzvízgyűjtőn keresztül közvetlenül a szivattyúhoz kapcsolódott.



1. ábra.

Készülék a cellulózbontás tanulmányozására a talajban. 1. talaj, 2. üvegszövet, 3. drén, 4. levegő, 5. szivattyú

A lombikokat gumicső segítségével összekapcsoltuk s  $25^\circ\text{C}$  hőmérsékletű termosztátba helyeztük. Mivel a lombikok a termosztátban több sorban voltak elhelyezve, azok végeit üvegelosztó segítségével egyesítettük. A lombikok végeit az elosztócsövekkel összekötő gumicsövekre csavarral állítható szorítókat szereltünk fel, hogy a levegő átáramlása az egyes lombikokban egyenletes legyen. Minden lombiksor elé nátronlúgot tartalmazó lombikokat kapcsolunk, melyek feladata a levegő  $\text{CO}_2$ -tartalmának kiszűrése volt.

A kísérlet 140 napig tartott. Az elnyelő lombikban levő nátronlúgot 14 naponként, tehát összesen 10 esetben megcitráltuk sósavval, s a fogyott sósavból kiszámítottuk a kiválasztott széndioxidot. Ugyanebben az időben a METROM típusú potenciométert összekapcsoltuk az elektródák pólusaival a pH és a rH meghatározása végett. A talajok nedvességtartalmát mérleg segítségével ellenőriztük. A talajok nedvességtartalma a kísérlet folyamán nem változott lényegesen. A súlycsökkenés nemigen haladta túl a kiválasztott  $\text{CO}_2$  súlyát. Ezt azzal lehet magyarázni, hogy a talajt tartalmazó lombikok közvetlenül a nátronlúgot tartalmazó elnyelő és szűrő lombikokkal voltak összekötve, s ezek állandóan telítve tartották a talajt tartalmazó lombikok levegőjét s így párolgásra nem volt lehetőség.

A  $\text{CO}_2$  termelés adatai a 2. ábrából láthatók. Amint a grafikonok adatai mutatják, a kiválasztott  $\text{CO}_2$  mennyisége a kísérlet beállítása utáni hetekben érte el a maximumát, majd a talajok nedvességtartalmától függően különböző erősséggel csökken. A csökkenés nem egyenletes, s a kísérleti variánsok túlnyomó többségénél a kísérleti idő második felében ismét megfigyelhető a széndioxid termelés bizonyos fokú emelkedése, ez azonban meg sem közelíti a második maximumot. Amint a diagram adataiból látható, a legmagasabb  $\text{CO}_2$  termelést a maximális vízkapacitás 80%-ának megfelelő nedvességet tartalmazó talajok esetében figyelhetünk meg.

1. táblázat

A kiválasztott CO<sub>2</sub> mennyisége a bevitt cellulózhoz viszonyítva

(1) Talaj- nedvesség a maxi- mális rizkapaci- tás %-ában	(2) Cellulóz tartalom	(3) Kiválasztott CO <sub>2</sub> mg	(4) Kontroll levonva	(5) Cellu- lózra átszá- mítva mg	(6) Bevitt cellulóz %-ában	(3) Kiválasztott CO <sub>2</sub> mg	(4) Kontroll levonva	(5) Cellu- lózra átszá- mítva mg	(6) A bevitt cellulóz %-ában
A) Csernozjom						B) Barna erdőtalaj			
80	Kontroll	752	—	—	—	1240	—	—	—
	5 g cellulóz	3320	2568	1580	36,0	3590	2350	1450	29,0
60	Kontroll	1045	—	—	—	1472	—	—	—
	5 g cellulóz	2785	1730	1070	21,4	3000	1528	938	18,7
40	Kontroll	685	—	—	—	1198	—	—	—
	5 g cellulóz	2170	1485	914	18,3	2020	822	500	10,0
20	Kontroll	550	—	—	—	890	—	—	—
	5 g cellulóz	1415	865	533	10,7	1590	700	430	8,6

Sajnos a kísérleti talajokban elhelyezett elektródákkal nem tudtuk a célunkat elérni s így az általuk kapott adatokat sem tudjuk közölni, mivel azok az ismétléseknél élesen különböznek egymástól. Véleményünk szerint ennek az okai abban keresendők, hogy az általuk kimutatott adatok nem jellemzők az egész közegre, hanem csupán azokra a talajrészecskékre, melyekkel az elektródák közvetlenül érintkeznek. A talajban pedig a mikroorganizmusok tevékenysége eredményeképpen vannak olyan mikrogócok, melyeknek redox viszonyaik és kémhatásuk erősen különbözik a közeg többi részének rH és pH-jától. Pl. ha az elektróda bomló cellulózzdarabkával érintkezik, amely különösen gombás bomlásnál erősen elsavanyítja a körülötte levő talajszemcséket, egészen más értékeket kapunk, mint néhány milliméterrel mellette.

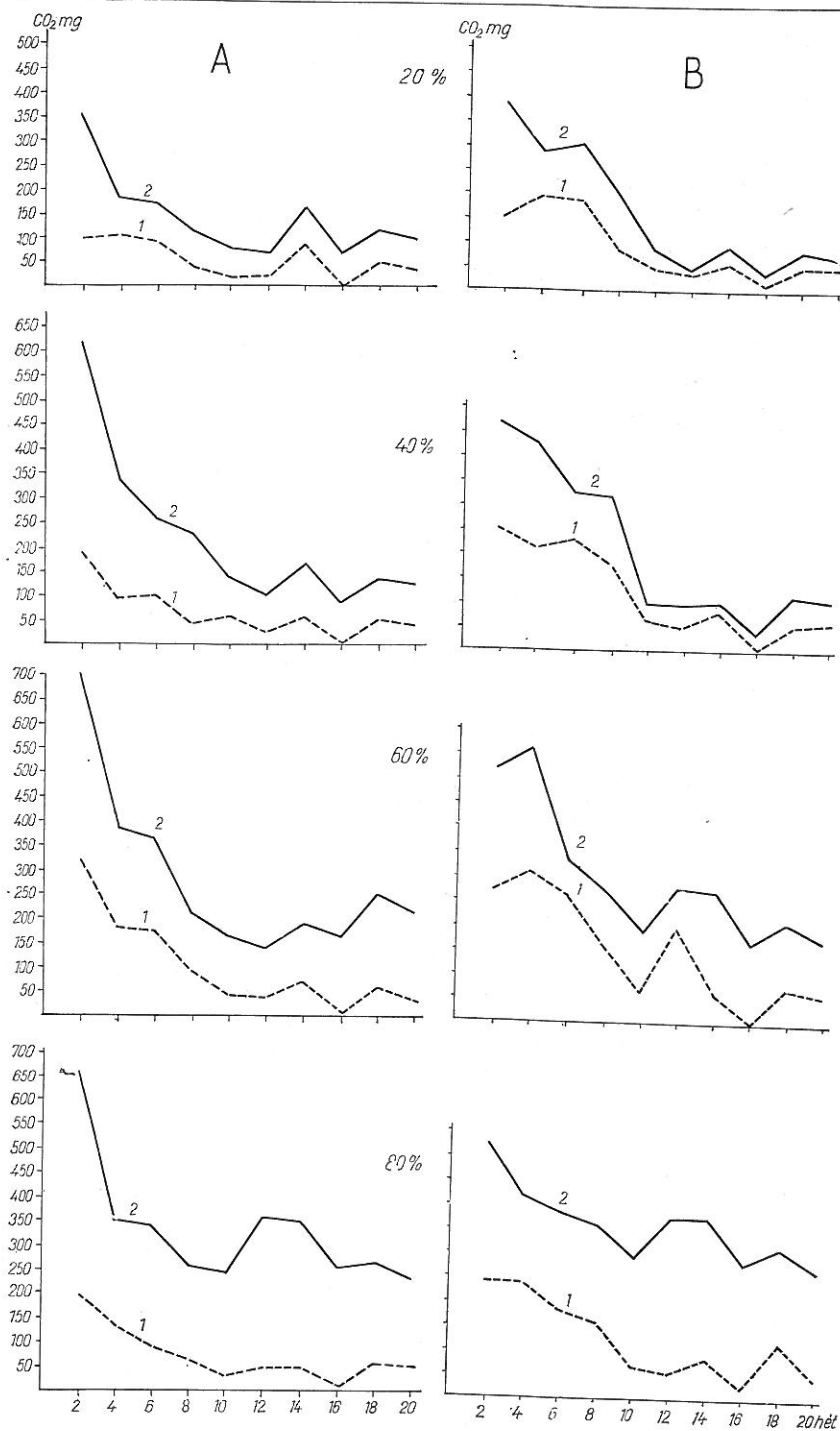
Kísérletünk további részében azt akartuk tanulmányozni, hogy a cellu-

lóz biológiai elbontása milyen hatás-  
sal van a talajban a légköri nitro-  
gént megkötő *Azotobacter*-ra. Sok  
szerző, FJODOROV [5], IMSENYEC-  
KIJ [8], POCHON és de BARJAC [18]  
és mások azzal kapcsolatban közöl-  
nek adatokat, hogy a talajba vitt  
nitrogénmentes szerves anyagok le-  
bomlása következtében emelkedik a  
talaj nitrogéntartalma, annak ered-  
ményeképpen, hogy a nitrogénkötő  
mikroorganizmusok, közöttük első-  
sorban az *Azotobacter* energiaforrá-  
sul használják fel a cellulóz bomlás-  
termékeit. A fentiekből kiindulva  
elhatároztuk az általunk kísérlet-  
bevont talajokban az *Azotobacter* sej-  
tek számának meghatározását.

2. táblázat

A cellulóz elbomlásának hatása az  
*Azotobacter*-ra

(1) Nedvesség- tartalom	(2) Cellulóz tartalom	(3) Azotobacter sejtszám 1 g talajban	
		A) csernozjom	B) barna erdőtalaj
80	Kontroll	660	120
	5 g cellulóz	120	1000
60	Kontroll	660	210
	5 g cellulóz	260	150
40	Kontroll	170	100
	5 g cellulóz	320	100
20	Kontroll	570	100
	5 g cellulóz	140	100



2. ábra.

A kiválasztott széndioxid összmenyisége. 1: talaj; 2: talaj + 2% cell.

Az *Azotobacter* sejtek számát AUGIER [1] módszere alapján határoztuk meg. Ez a módszer azon alapszik, hogy steril viszonyok között a talajt meghatározott mennyiségű steril vízben szuszpendáljuk, majd abból hígítási sorokat készítünk, s a hígítási sorozatokból 5—5 FJODOROV [6] féle nitrogénmentes folyékony táptalajt tartalmazó kémcsőre leoltásokat végzünk. Abból a feltevésből kiindulva, hogy azon utolsó hígítás, ahol még az *Azotobacter* kinő, egyetlen sejtet tartalmaz, a hígítás fokának ismeretében könnyen meghatározható a fenti mikroorganizmus sejteinek száma. Meg kívánjuk említeni, hogy ez a módszer sokkal pontosabb, mint a Petri csészében végzett lemezöntés, mivel az *Azotobacter* a folyékony táptalajon sokkal jobban kinő.

Látható a kísérlet adataiból, hogy a cellulóz bomlás hatására a 140 napos kísérleti idő alatt egyetlen esetben sem emelkedett meg számottevően az *Azotobacter* sejteinek száma, sőt egyes esetekben csökkent is a cellulózt nem tartalmazó kontrollhoz viszonyítva.

### Az eredmények megbeszélése

Látható a kísérlet adataiból, hogy a talaj nedvességtartalma egyik legfontosabb tényező, amely döntő módon befolyásolja a cellulóz elbontásának gyorsaságát a talajban. A grafikonok adatai azt mutatják, hogy a  $\text{CO}_2$  termelés a talajok nedvességtartalmának függvényében változik. Abból a tényből, hogy kísérletünkben a maximális vízkapacitás 80%-ának megfelelő nedvességtartalom hozzáadásának hatására éri el a maximumát, távolról sem szabad olyan következtetéseket levonni, hogy természetes viszonyok között is ez a nedvességtartalom a legmegfelelőbb a cellulóz aerob lebontásához és általában a talajban lejátszódó mikrobiológiai folyamatok szempontjából. Ugyanis, mint említettük, a lombikok fenekén kavicsrétegből drént hoztunk létre, mely nagymértékben elősegítette a magas nedvességtartalmú talajok aerációját. Érdekesesek azok az adatok, melyek szerint még 20 % nedvességtartalom mellett is az első hetekben jelentős mennyiségű  $\text{CO}_2$  szabadul fel. Itt azonban nem a baktériumok játszanak szerepet a cellulóz lebontásánál, hanem a különböző sugárgombák, melyek ilyen alacsony nedvességtartalom mellett is bontják a cellulózt. A 20% nedvességű talajok felszínén szabad szemmel is meg lehetett figyelni a sugárgombatelepek fejlődését.

Látható a grafikonokból, hogy a széndioxid termelés közvetlenül a kísérlet beállítását követő hetekben a legnagyobb, s utána csökken, jóllehet a csökkenés nem egyenletes, mivel időnként kisebbfokú emelkedés is megfigyelhető, különösen a kísérlet vége felé. A cellulózbomlás erősségének változása véleményünk szerint elsősorban azzal magyarázható, hogy talajviszonyok között a folyamatban a különböző talajmikroorganizmusok bonyolult biocönózisa vesz részt. Mint irodalmi adatokból ismert, maguk a cellulózbontó mikroorganizmusok is váltják egymást az elbontás különböző szakaszaiban. A cellulózbontás aktivitása azonban igen erősen függ azoktól a szaprofita mikroorganizmusoktól, amelyek közvetlenül ugyan nem bontják a cellulózt, de azáltal, hogy felhasználják az elbontás termékeit, lehetővé teszik a bomlás folyamatoságát. Sok irodalmi adat gyűlt össze azzal kapcsolatban, hogy a cellulózbontó mikroorganizmusok kísérőbaktériumokkal együtt tenyésztve jóval több cellulózt képesek elbontani, mint tiszta tenyészetben. A kísérőbaktériumok azon-



ban nemcsak a cellulózbomlás produktumainak felhasználásával segítik a cellulózbontó mikroorganizmusok fejlődését, hanem azáltal is, hogy különböző vitaminokat, aminosavakat is szintetizálnak, amelyet azok felhasználnak.

Azonban a talajban élő szaprofita mikroorganizmusok szerepe távolról sincs ezzel kimerítve. Ugyanis azok nemcsak serkentik a cellulózbomlás folyamatát, hanem gátolják is, azáltal, hogy a cellulózbontás produktumainak felhasználásával nagymennyiségű toxikus anyagot képeznek.

Amint a táblázatból látható, a bevitt cellulóznak 8,6–36%-ig tehető az a mennyisége, amely  $\text{CO}_2$  alakjában kiválasztódik a levegőbe. Ez különösen érdekes a 60 és 80%-ot tartalmazó talajok esetében, ahol a cellulóznak 18–36%-a választódik ki  $\text{CO}_2$  formájában, holott a cellulóz a talajban már teljesen lebomlott. Tehát a bevitt cellulóz 65–80%-ára tehető az a mennyiség, amelyből részben humuszanyagok képződtek, részben pedig beépült a talajban található mikroorganizmusok testébe.

Igen érdekesek azok az adatok, melyek azt mutatják, hogy a cellulózt tartalmazó talaj, valamint a kontroll talajban található *Azotobacter* sejtszáma között nincs lényeges különbség, sőt a csernozjom talaj esetében a bevitt cellulóz csökkenti az *Azotobacter* sejtszámot.

Természetesen hiba lenne ezekből az adatokból olyan következtetéseket levonni, hogy a cellulóz bomlástermékeinek mint energiaforrásnak nincs jelentősége a légköri nitrogén biológiai megkötésében. Ezek az adatok csupán arra mutatnak rá, hogy ez a probléma sokkal bonyolultabb, mint az első pillanatban látszik. A cellulózbomlás termékeiként képződő szénhidrátokat, szerves savakat, aminosavakat nemcsak az *Azotobacter* használja fel, hanem egyéb szaprofita mikroorganizmusok is, köztük olyanok is, melyek az általuk kiválasztott toxikus anyagok által gátolják a talajtoxínokra igen érzékenyen reagáló *Azotobacter* fejlődését.

Végezetül köszönetet mondok dr. di Gléria Jánosnak, a mezőgazdasági tudományok doktorának és Erdei Sándorné asszisztensnek a kísérlet folyamán nyújtott segítségért.

### Összefoglalás

A kísérletbevont csernozjom és barna erdőtalajok nedvességtartalma igen erősen befolyásolja a talajba kevert cellulózpor lebontását. Az elbontás legenergikusabban 80% nedvességtartalom mellett megy végbe a talajok maximális vízkapacitásának %-ában kifejezve. A cellulózpor bevitele öt hónapos inkubációs periódus alatt nem emeli meg jelentősen az *Azotobacter* sejtek számát, sőt a csernozjom talajban jelentősen csökkenti.

Érkezett : 1961. szeptember 19.

## Irodalom

- [1] AUGIER, I.: Apropos de la numeration des Azotobacters en milieu liquide. Ann. Inst. Pasteur. **91**. 759—765. 1956.
- [2] ELKAN, G. H.: Relationship between differential plate counts, CO<sub>2</sub> evolution and organic matter decomposition in soil. Bacteriol. Proc. **7**. 58. 1958.
- [3] FEHÉR, D.: Talajbiológia. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1954.
- [4] FJODOROV, M. V.: Pocsvennaja mikrobiológija. Izd. Szovjetszkaja Nauka. Moszkva. 1954.
- [5] FJODOROV, M. V.: Biologiescszkaja fikszacija azota atmosferü. Szeljhozgiz. Moszkva. 1952.
- [6] FJODOROV, M. V.: Rukovodstvo k prakticseszkim zanjatijam po mikrobiologii. Szeljhozgiz. Moszkva. 1957.
- [7] HARMSSEN, G.: Onderzoekingen over de aerobe celluloseontleding in den grond. Groningen. Batavia. 1946.
- [8] IMSENYECKI, A. A.: Mikrobiológija cellulozü. Izd. AN. SSSR. Moszkva. 1950.
- [9] KACNELSZON, P. Sz. & JERSOV, V. V.: Issledovanija mikroflorü cellinnüh i okulturennüh pocsv Karelszkaj ASSR II. Biologiescszkaja aktivnoszt pocsv Karelszkaj ASSR. Mikrobiologija **28**. 82—88. 1958.
- [10] KOEFF, H.: Die Temperatur — Zeit — Abhängigkeit der Bodenatmung. Z. Pfl. Ernährung. Düng. **61**. 29—48. 1953.
- [11] KOEFF, H.: Die biologische Aktivität des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. Z. Pfl. Ernährung. Düng. **64**. 138—146. 1954.
- [12] KUPREVICS, V. F.: Biologiescszkaja aktivnoszt pocsvü i metodü ejo opredelenija. Dokladü AN SSSR **79**. 863—866. 1951.
- [13] LUNDEGARDH, H.: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. Fischer. Jena. 1924.
- [14] MAKAROV, B. N.: Izmenenije dühanija pocsvü i szoderzsanije CO<sub>2</sub> v prizemnom szloje vozduha v tečenije szutok. Dokl. AN SSSR **118**. 389—391. 1958.
- [15] MAKAROV, B. N.: Opredelenija CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> v pocsvennom vozduhe. Pocsvovedenie (1) 121—125. 1958.
- [16] MAKAROV, B. N. & MACKEVICS, V. B.: O terminah „dühanije pocsvü” i „biologiescszkaja aktivnoszt pocsv”. Pocsvovedenie (6.) 114—115. 1958.
- [17] MASTAKOV, Sz. M., KULAKOVSZKAJA G. N. & GOLDINOVA Sz. M.: Aktivnoszt fermentov i intenzivnoszt dühanija kak pokazateli biologiescszkaj aktivnoszti pocsv. Dokl. AN SSSR **98**. 141—144. 1954.
- [18] POCHON J. & de BARJAC, H.: Traité de microbiologie des sols. Dunod. Paris. 1958.
- [19] STATNOV, V. I.: K metodike opredelenija biologiescszkaj aktivnoszti pocsvü. Dokl. VASZHNIL (6.) 27—33. 1952.
- [20] SZKRIPKIN, A. A.: Pribor dlja opredelenija kolicsesztva diffundirujuscsej iz pocsvü uglekiszlotü. Pocsvovedenie (4) 101—106. 1959.
- [21] SZMIRNOV, V. N.: Dinamika pitatelnüh vscsesztv i biologiescszkaj aktivnoszti podzolisztüh pocsv. Pocsvovedenie (7) 58—65. 1958.
- [22] VLASZJUK, P. A. & MANORIK, A. V.: Povüsenije biologiescszkaj aktivnoszti pocsv pod vlijaniem obogasesennüh komposztov. Dokl. AN. USSR **5**. 1955.
- [23] WAKSMAN, S. A. & HEUKELEKIAN R.: Cellulose decomposition by various groups of soil microorganisms. Actes IV-ème Conf. Int. Pédologie, Rome, **2**. 216. 1926.
- [24] WAKSMAN, S. A. & SKINNER C.: Microorganisms concerned in the decomposition of cellulose in the soil. J. Bact. **12**. 57. 1926.
- [25] WAKSMAN, S. A. & DUBOS, R.: Sur le nature des organismes qui décomposent la cellulose dans terres arables. Comp. Rend. Acad. Sci. Paris. **185**. 1226. 1927.



## Влияние влажности на разложение целлюлозы в некоторых венгерских почвах

Й. СЕГИ

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии АН Венгрии, Будапешт

### Резюме

На двух типах почвы — черноземе и бурой лесной почве — изучалось влияние влажности на скорость разложения внесенной в почву целлюлозы. За разложением целлюлозы следили по количеству выделяемой  $\text{CO}_2$ . Для определения количества  $\text{CO}_2$  собрали прибор из колб Эрленмейера, принцип действия которого заключается в том, что очищенный от  $\text{CO}_2$  воздух пропускают сначала через почву, помещенную в закрытые колбы, а затем через едкий натрий. Щелочь поглощает выделяющуюся из почвы углекислоту, количество которой периодически определяется титрованием. Для изучения разложения целлюлозы использовали 250 г растертой воздушносухой почвы. В контрольные колбы помещали почву не содержащую целлюлозу, а в почву остальных колб равномерно вносили молотую фильтровальную бумагу в количестве 2% от веса почвы. В отдельные варианты прибавляли дистиллированную воду из расчета 20, 40, 60 и 80% от полной влагоемкости. Хотя опыт продолжался 140 дней, влажность почвы существенно не изменялась, т. к. колбы, содержащие почву были соединены с колбами с щелочью при помощи которых воздух над почвой постоянно был насыщен парами воды и таким образом испарения не было.

Результаты опыта показывают, что наиболее интенсивно разложение происходило в почвенных образцах при влажности 80%. Ясно, что полученные в опыте данные в естественные условия переносить можно лишь критически, ведь тем, что в опыте воздух постоянно просасывался через почву, создавались условия высокой аэрации в сочетании с высокой влажностью, что вызвало интенсивную биологическую деятельность в то время как в природных условиях такая высокая влажность сопровождается довольно слабой обеспеченностью воздухом. Выделение углекислоты было наиболее интенсивным в первые недели после закладки опыта, позже сократилось. Отчасти это явление можно объяснить тем, что опыт закладывался с воздушно-сухой почвой в ходе высыхания которой микроорганизмы почвы подверглись массовой гибели. После увлажнения пережившие иссушение почвы микробы, в основном споровые, довольно энергично разлагают отмершие протозоа, водоросли, бактерии и т. п.

Данные таблицы показывают, что в виде  $\text{CO}_2$  выделяют 8,6—36% внесенной в почву целлюлозы. Внесенная целлюлоза в течение опыта не минерализуется полностью, а частью входит в тело различных микроорганизмов, частью же в результате жизнедеятельности микроорганизмов превращается в другие виды органического вещества, которые и накапливаются в почве.

Установили, что в почвах, содержащих целлюлозу, число клеток азотобактера, связывающего азот воздуха, не повышается значительно по сравнению с контрольной почвой, на черноземе даже наоборот, в результате внесения целлюлозы число клеток этой бактерии снижается. Конечно, было бы ошибкой из этих данных сделать вывод о том, что продукты разложения целлюлозы, как источники энергии, не имеют значение при усвоении азота из атмосферы. Эти данные всего лишь указывают на то, что эта проблема значительно более сложная, чем это кажется на первый взгляд. Углеводы, органические кислоты и аминокислоты, образующиеся как продукты разложения целлюлозы, использует не только азотобактер, но и другие сапрофитные микроорганизмы, в том числе и такие, которые при помощи выделяемых ими токсических веществ тормозят развитие чувствительного к почвенным токсинам азотобактера.

**Табл. 1.** Количество выделившейся углекислоты, относенное к внесенной целлюлозе. (1) Влажность почвы в % от полной влагоемкости. (2) Содержание целлюлозы. (3) Выделившийся  $\text{CO}_2$  в мг. (4) За вычетом контроля. (5) В пересчете на целлюлозу и (6) в % внесенной целлюлозы. А) Чернозем, В) Бурая лесная почва.

**Табл. 2.** Влияние разложения целлюлозы на азотобактер. (1) Влажность. (2) Содержание целлюлозы. (3) Количество (число) клеток азотобактера в 1 г почвы.

**Рис. 1.** Прибор для изучения разложения целлюлозы в почве. 1. Почва. 2. Стеклопластиковая ткань. 3. Дренаж. 4. Воздух. 5. Насос.

**Рис. 2.** Общее количество выделившейся углекислоты. А) Чернозем, В) Бурая лесная почва. 1. Почва. 2. Почва + 2% целлюлозы. Горизонтальная ось: число недель в течение которых проводилось исследование.

## Effect of Moisture Content on Cellulose Decomposition in Some Hungarian Soils

J. SZEGI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

### Summary

The intensity of cellulose decomposition was studied at different soil moisture levels. In the studies described two soil types were involved, one of them was a limey chernozem and the other a clayey brown forest soil.

Cellulose decomposition was followed by the determination of  $\text{CO}_2$  evolved. For this purpose a special device was constructed using Erlenmeyer flasks. In this,  $\text{CO}_2$ -free air was sucked through the soil followed by an absorbent NaOH solution. Absorbed  $\text{CO}_2$  was determined by titration.

In the standard procedure 250 g samples of air-dry soil were used. The soil did not contain cellulose in the control flasks, while it was supplied to the others in the form of ground filter paper in a 2% w/w concentration. The soil samples were uniformly moistured with distilled water in an amount equivalent to 20, 40, 60 or 80% of the maximal water retaining capacity of the soil. Although the experimental period was not less than 140 days, the water content of the experimental soil samples remained practically unchanged, because the container flasks were connected to freely evaporating NaOH-solutions.

The data obtained demonstrate that cellulose decomposition is most intensive at 80% soil moisture content. However, this result can not be directly applied to field conditions, since air was continuously sucked through the experimental soils and so aeration was not impaired at the highest moisture content, which certainly does not hold true for natural conditions.

$\text{CO}_2$  production was remarkably higher in the first few weeks of the experiment then later on. The initial maximum might partly be explained by the fact that the starting material was an air-dry soil which certainly contained the debris of many microscopic soil organisms killed by desiccation. Their organic matter content could certainly serve as nutrient for the intensive growth of those reactivated by moistening the soil. In addition, the accumulation of toxic metabolites might also pay a contribution to the decreasing  $\text{CO}_2$ -yield observed.

8.6 to 36% of the carbon content of the cellulose applied is shown in Table 1. to be recovered as  $\text{CO}_2$ . A remarkable part of the cellulose applied was found as the constituent of living organisms or in the form of non-living organic material accumulated in the soil. Cellulose application was found to be either slightly and not significantly increasing the number of *Azotobacter* cells in the soil (brown forest soil), or even decreasing it (chernozem). However, it must not be concluded that cellulose or cellulose decomposition products can not supply energy for the binding of atmospheric nitrogen. It is suggested that this question is much more complicated than it seems to be at first sight. The carbohydrates, organic acids and amino acids produced during the decomposition of cellulose might be utilized by *Azotobacter* as well as by other saprophytic microorganisms. Possibly some of the latter produce substances inhibiting the growth of *Azotobacter*, which is very sensible to soil toxins.

### Captions

*Table 1.* Effect of the amount of cellulose applied on  $\text{CO}_2$  production. (1) Water content of the soil, per cent of maximum capacity. (2) Cellulose content. (3)  $\text{CO}_2$  produced, mg. (4) Difference due to cellulose application. (5) mg.  $\text{CO}_2$  per g. cellulose. (6) Per cent recovery as  $\text{CO}_2$  of the cellulose applied. A) Chernozem soil, B) Brown forest soil.

*Table 2.* The effect of cellulose decomposition on *Azotobacter* cell number. (1) Soil water content. (2) Soil cellulose content. (3) *Azotobacter* cell number per g. soil. A) Chernozem soil, B) Brown forest soil

*Fig. 1.* Device for the study of cellulose decomposition in the soil. 1. soil, 2. glass cloth, 3. drainage, 4. air, 5. suction pump.

*Fig. 2.* Cumulative curve of  $\text{CO}_2$ -production. A) Chernozem soil, B) Brown forest soil, 1. untreated soil, 2. soil + 2% cellulose. Abscisse: number of weeks.